

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-222921

(43)Date of publication of application : 26.08.1997

---

(51)Int.Cl. G05D 1/02

G01C 19/00

// G01C 21/00

---

(21)Application number : 08-051042 (71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY

IND LTD

MITSUBISHI PRECISION CO LTD

(22)Date of filing : 14.02.1996 (72)Inventor : AKAHA FUMIHIRO

TAKAGI HIROSHI

---

(54) TRAVEL CONTROLLER FOR UNMANNED VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To maintain the precision of detection of an azimuth angle by a yaw angle sensor used for the travel controller for an unmanned vehicle at low cost by subtracting a specific yaw angle correction value from the output angle value of the yaw angle sensor which is outputted when a vehicle passes through a curve.

SOLUTION: The vehicle 20 which travels on a travel path which is nearly  $\leq 3^\circ$  respectively in pitch and roll tilt angle at a curve finds and stores plane view track data on the travel path and the pitch and roll tilt angle at the corner curve in a storage device 12 previously. Then this controller is equipped with a correcting means 14 which subtracts the yaw angle correction value  $\Delta\psi=0.5.[(\phi;2+\theta^2).\omega zdt$  from the output angle value of the yaw angle sensor 10 which is outputted when the vehicle 20 passes through the curve. A driving

part controller 16 controls a driving part on receiving the output of the correcting means 14. In the mathematical expression,  $\phi$  is the roll tilt angle of the travel curve,  $\theta$  the pitch tilt angle of the travel curve,  $\omega_z$  the turning angular velocity of the vehicle,  $(t)$  the travel elapsed time of the curve, and  $\int$  [an integral symbol].

---

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 22.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] abandonment

[Date of final disposal for application] 23.02.2006

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The car which runs the transit way whose pitch tilt angles to a horizontal plane and roll inclination angles in a curve are three or less abbreviation, respectively, The storage which made plane view locus data, and said pitch tilt angle and roll inclination angle in each curve of said transit way memorize beforehand, The yaw angle sensor carried in said car, A car a curve Yaw angle correction value  $\Delta\psi=0.5, [(\phi^2+\theta^2),$  and  $\omega_z$  of the following [ value / of said yaw angle sensor outputted in case it passes / output include-angle ] : Roll inclination angle [ of a transit curve ]  $\theta$  : Pitch tilt-angle [ of a transit curve ]  $\omega_z$  : [ The revolution angular velocity  $t$  of a car ] : Transit elapsed time [in a curve : Integral notation

The transit control unit of the uninhabited car characterized by providing the amendment means to subtract and the mechanical-component control unit which controls the mechanical component of said car in response to the output of this amendment means.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the transit control unit of the uninhabited car with which the path it should run [ AGV ] has become settled.

[0002]

[Description of the Prior Art] When the pitch tilt angle to a horizontal plane and a roll inclination angle are in the path which has become settled beforehand and it should run, an exact azimuth is not acquired with 1 shaft gyroscope as a yaw angle sensor. Then, two inclinometers were attached conventionally, using AHRS (attitude and heading reference system) of a full strap down, and it was amending to the azimuth acquired from the output of 1 shaft gyroscope.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the above-mentioned amendment approach, the cost of AHRS or an inclinometer was high and there was voice which desires low cost-ization.

[0004] Therefore, this invention aims at holding the detection precision of the azimuth by the yaw angle sensor currently used for the transit control unit of an uninhabited car by low cost, also when the path it should run has become settled beforehand and this transit way has an inclination to a horizontal plane.

[0005]

[Means for Solving the Problem] The car 20 which runs the transit way whose pitch tilt angles to a horizontal plane and roll inclination angles in a curve are three or less abbreviation, respectively as this invention shows a principle Fig. to drawing 1 in view of the above-mentioned purpose, The storage 18 which made plane view locus data, and said pitch tilt angle and roll inclination angle in each curve of said transit way memorize beforehand, The yaw angle sensor 10 carried in said car, A car a curve Yaw angle correction value  $\Delta\psi=0.5, [(\phi^2+\theta^2)]$ , and  $\omega_z$  of the following [ value / of said yaw angle sensor outputted in case it passes / output include-angle ] : Roll inclination angle [ of a transit curve ]  $\theta$  : Pitch tilt-angle [ of a transit curve ]  $\phi$  :  $\omega_z$  : [ The revolution angular velocity of a car ] : Transit elapsed time [in a curve : Integral notation

The transit control unit of the uninhabited car characterized by providing the amendment means 14 to subtract and the mechanical-component control unit 16 which controls the mechanical component of said car in response to the output of this amendment means is offered. A microcomputer 18 can constitute this storage 12, the amendment means 14, and the mechanical-component control unit 16.

[0006] Even if the yaw angle sensor which carried the azimuth of the car in comparison with the plane view locus data of a transit way in this car detects, when the inclination to a horizontal plane exists in the curve of a transit way, the output value of a yaw angle sensor does not show an exact azimuth under the effect of the pitch tilt angle of the curve, and a roll inclination angle. The pitch tilt angles and roll inclination angles in this curve are three or less abbreviation, respectively. It can amend to an exact azimuth by carrying out subtraction amendment of the yaw angle correction value shown in the output include-angle value of a yaw angle sensor by the above-mentioned formula with an amendment means.

[0007]

[Embodiment of the Invention] This invention is further explained to a detail based on the example of a gestalt of operation shown in an accompanying drawing below. Drawing 1 shows the plane view of the transit way of an

uninhabited car. The sectional view according [ drawing 2 ] to view line BB-BB and drawing 3 are the side elevations by the view line CC. A works building etc., avoiding KJ From a starting point A, in the direction of true north in the straight-line way L1, the radii way C1 in which it circles 90 degrees clockwise from a B point to C point, and the direction of an east from the straight-line way L2 and D point to E points In the radii way C2 and the direction of true north in which it circles 90 degrees counterclockwise, from the straight-line way L3 and F points to G points In the radii way C3 and the direction of a northwest in which it circles 45 degrees counterclockwise, from the straight-line way L4 and H points to I points It is the transit way which runs straight-line way L6 in the radii way C4 in which it circles 45 degrees clockwise, and the direction of true north, and reaches a terminal point L at them in the straight-line way L5, the radii way C5 in which it circles 90 degrees clockwise from J point to K points, and the direction of an east.

[0008] The landmark LM shown by the round mark is laid under the transit way in the predetermined location, and the pitch tilt angle  $\theta$  and roll inclination angle  $\phi$  to a horizontal plane HL are small formed with three or less abbreviation on each radii way, respectively. In the transit control device of Car V, the storage which made each tilt angles  $\theta$  and  $\phi$  of each above-mentioned radii way remember it beforehand to be plane view locus data of this transit way is



provided. Moreover, 1 shaft gyroscope JR which is a yaw angle sensor is carried in Car V.

[0009] The transit direction of a car is corrected as compared with said plane view locus data, this 1 shaft gyroscope JR detecting the travelling direction (azimuth) of this car V, and it is made to run in the direction of the right. Moreover, detection errors, such as a drift error of 1 shaft gyroscope, are reset with the landmark LM in each location, and transit control of between each landmark is carried out with 1 shaft gyroscope.

[0010] However, when a car runs, even if the output of 1 shaft gyroscope sensor which can detect a yaw angle detects a yaw angle, when an inclination exists in the curve of a transit way, the output value of 1 shaft gyroscope does not show an exact azimuth under the effect of the pitch tilt angle  $\theta$  of the curve, and roll inclination angle  $\phi$ . Then, using time amount rate-of-change  $\psi'$  of Azimuth  $\psi$  being expressed by the following strict formula (1), the exact azimuth  $\psi$  is acquired and the technique of meeting [ technique ] a transit way surely and running it Car V is explained.

[0011]

$$\psi' = -\sin \theta \cdot \omega_x - \sin \phi \cdot \cos \theta \cdot \omega_y + \cos \phi \cdot \cos \theta \cdot \omega_z \dots$$

(1)

$\omega_x$ : Angular velocity of the circumference of the travelling direction x axis

of a car (rolling angular velocity)

$\omega_y$ : Angular velocity of the circumference of the y-axis of the direction which intersects perpendicularly with a x axis (pitching angular velocity)

$\omega_z$ : Revolution angular velocity of a car [0012] Since both the pitch tilt angle  $\theta$  of each radii way and roll inclination angle  $\phi$  are small, on the usual transit way, angular velocity  $\omega_x$  and  $\omega_y$  can be set with 0, and a formula (1) turns into a degree type.

$\psi' = \cos\phi - \cos\theta - \omega_z$  -- it is as follows when the double-size-of-character formula of a trigonometric function is applied here.

$\psi' = (1 - 2 \sin^2(\phi/2)) - (1 - 2 \sin^2(\theta/2)) - \omega_z$  Both, since it is small,  $\omega_z$  pitch tilt angle  $\theta$  and roll inclination angle  $\phi$  become as the following.

$\psi' = (1 - \phi^2/2) - (1 - \theta^2/2) - \omega_z = \omega_z - 0.5(\phi^2 + \theta^2) - \omega_z + 0.25\phi^2 + 0.25\theta^2$  -- since the 3rd term is a high order minute term, if it is disregarded, it will become a degree type here.

$\psi' = \omega_z - 0.5(\phi^2 + \theta^2) - \omega_z$  [0013] If the revolution elapsed time  $t$  is integrated with this formula, Azimuth  $\psi$  will be expressed by the following formula. For convenience,  $\int$  is used as an integral notation.

$\psi = \int \omega_z dt - 0.5 \int (\phi^2 + \theta^2) dt$  .... (2)

$\Delta\psi = \int \omega_z dt - \Delta\psi$  .... (3)

$\Delta\psi = 0.5 \int (\phi^2 + \theta^2) dt$  .... (4)

Since 1 shaft gyroscope which is a yaw angle sensor outputs  $\omega_{gzdt}$  as a yaw angle, the semantics of a formula (3) is that Azimuth  $\psi$  can be found correctly, when amendment which deducts correction value  $\Delta\psi$  from this output-value  $\omega_{gzdt}$  is performed. If  $\phi$  and  $\theta$  are fixed in a curve, correction value  $\Delta\psi$  will become a degree type.

$\Delta\psi = 0.5 \cdot (\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega_{gzdt}$  [0014] The pitch tilt angle  $\theta$  of the radii way C1, roll inclination angle  $\phi$ , revolution angular-velocity  $\omega_z$  of a car, and the include angle  $\psi$  in which the car measured in a horizontal plane should circle, i.e., an azimuth, are the value  $\phi$  like a less or equal, respectively. : 1.15 degree  $\theta$  : 2.86 degree  $\psi$  : It is 90 degrees, and since it is easy, when  $\omega_{gz}$  is 5.31 degrees/second of constant value, correction value  $\Delta\psi$  is computed per. First,  $\omega_{gzdt} = 90.13$  degree is obtained by the formula (2). Next,  $\Delta\psi = 0.13$  degree is obtained by a formula (3) or the formula (4).

[0015] That is, although he wants for Car V to circle 90 degrees in a horizontal plane in the direction of the circumference of a clock from a location B, and to arrive at a location C, and bearing of a car is appointed with the detection include angle of 1 shaft gyroscope JR in directional control in the meantime, when Azimuth  $\psi$  becomes 90 degrees, output  $\omega_{gzdt}$  of 1 shaft gyroscope is 90.13 degrees. Therefore, before Azimuth  $\psi$  will become 90 degrees if it says

conversely, and there is no amendment means, a car is judged to be what circled 90 degrees with 1 shaft gyroscope. It cannot arrive at the location C of a revolution termination target, but straight-line transit control of the straight-line way L2 which is the following transit path is started in this side location C', and it is made to run in the direction of a broken line of a direction  $[\omega_{gzdt} = 90$  degrees now. Therefore, it may result in location LM' biased on the north side which cannot detect this landmark LM depending on the distance to the following landmark LM.

[0016] If it amends so that the value (90 degrees) which subtracted correction value  $\Delta\psi = 0.13$  degree from the output-value  $[\omega_{gzdt} = 90.13$  degree of a gyroscope may be made into an output value in order to prevent this, Point C will be reached correctly. Although considered as amendment in the condition of having carried out revolution termination of the radii way C1, in this explanation, whenever 1 shaft gyroscope detects a yaw angle every moment, subtraction amendment of the output-value  $[\omega_{gzdt}$  at that time can be carried out by correction value  $\Delta\psi$  (formula (4)) corresponding to it for every detection of multiple times, and Azimuth  $\psi$  can be searched for (formula (3)).

[0017] In this way, if Azimuth  $\psi$  is correctly detectable, it can run in the direction of an east along the straight-line way L2. Also on the radii way C2, a gyroscope output is again amended like the above, and it can run in the direction of true

north of the straight-line way L3. Although a revolution include angle is 45 degrees on the radii way C3, the amendment approach being the same, being able to run along the straight-line way L4 after amendment, and amending it similarly after that, it can go via it with the radii way C4, the straight-line way L5, the radii way C5, and straight-line way L6, and it can reach the last destination L.

[0018] The flow Fig. showing the above transit control in drawing 5 explains. In step 30, from the starting point A, transit is started and the existence of Landmark LM is judged in step 32. If there is a landmark, it will progress to step 34 and the landmark will judge whether it is the landmark (B point) of initiation of a curve C1. If it is the landmark of curve initiation, while resetting detection errors, such as a drift error of a gyroscope, at step 36, theta and phi are read into a store whenever [ tilt-angle / of the curve made to memorize beforehand ].

[0019] Next, in step 38, revolution transit of the curve C1 is carried out, the output value of Gyroscope JR is read in step 40, and it amends according to a formula (4). In step 32, the existence of a landmark is judged again, if there is a landmark, in step 34, it will judge whether it is the landmark of initiation of a curve, but since the last landmark was made into the initiation landmark, it is the landmark which shows revolution termination, and since this landmark is not an initiation landmark, it progresses to step 42, it is judged in here to be the termination landmark of a curve, and progresses to step 44. Detection errors,

such as a drift error of a gyroscope, are made to reset in step 44, and straight-line transit control is started in step 46.

[0020] If a landmark is not a landmark which shows termination of a curve in said step 42, it will progress to step 52 and this landmark will judge whether it is the landmark of a terminal point L. If it is not a terminal point, it is a landmark in the middle of straight-line transit, and it progresses to step 44, and detection errors, such as a drift error of a gyroscope, are made to reset. Moreover, if judged with a terminal landmark in step 52, it will be made to stop in step 54.

[0021] If judged with there being no landmark in step 32, when it shifts to step 48, and it is judged [ predetermined ] from the landmark of 1 time ago whether distance transit was carried out, consequently predetermined distance transit has not yet been carried out, it will progress to step 46, and straight-line transit will be continued as it is. If it judges with having already run a predetermined distance in step 48, since a landmark still is not detected, as the broken line (C' and LM' between) showed to drawing 2 , the direction of transit will have shifted, and an emergency shut down will be spontaneously carried out to step 50 in this case.

[0022] In the above FURO description of drawing, although the curve was explained per C1, other curves are the same.

[0023]

[Effect of the Invention] Also when the path it should run according to this invention has become settled so that clearly from the above explanation, and this transit way has an inclination to a horizontal plane, the detection precision of the azimuth by the yaw angle sensor currently used for the transit control unit of an uninhabited car can be held by low cost.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is drawing showing the principle of the transit control unit of the uninhabited car concerning this invention.

[Drawing 2] Drawing 2 is the top view showing the example of the transit path of the uninhabited car concerning this invention.

[Drawing 3] Drawing 3 is a sectional view by view line BB-BB of drawing 2 .

[Drawing 4] Drawing 4 is a side elevation by the view line CC of drawing 2 .

[Drawing 5] Drawing 5 is the flow Fig. showing transit control.

[Description of Notations]

C1, ..., C5 Radii way (curve)

V Uninhabited car

$\theta$  Pitch tilt angle of a curve

$\phi$  Roll inclination angle of a curve

$\psi$  Azimuth

$\omega_z$  Revolution angular velocity of a car



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-222921

(43) 公開日 平成9年(1997)8月26日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 D 1/02			G 0 5 D 1/02	W
G 0 1 C 19/00		9402-2F	G 0 1 C 19/00	Z
// G 0 1 C 21/00			21/00	D

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-51042

(22) 出願日 平成8年(1996)2月14日

(71) 出願人 000006208

三菱重工株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(71) 出願人 000176730

三菱プレシジョン株式会社

東京都港区三田3丁目13番16号

(72) 発明者 赤羽 史博

神奈川県相模原市田名3000番地 三菱重工  
株式会社相模原製作所内

(72) 発明者 高木 博

神奈川県鎌倉市上町屋345番地 三菱プレ  
シジョン株式会社内

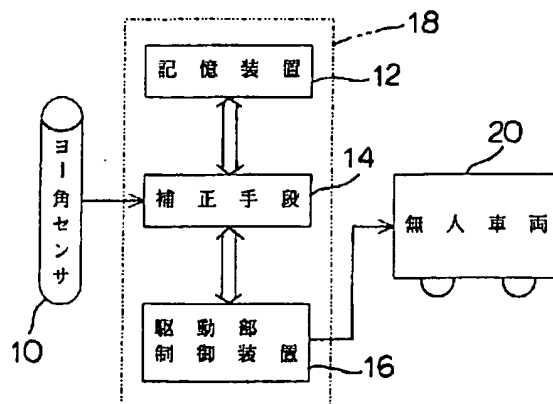
(74) 代理人 弁理士 越智 俊郎

(54) 【発明の名称】 無人車輛の走行制御装置

(57) 【要約】

【課題】 走行すべき経路が予め定まっており、該走行路に水平面に対する傾斜がある場合にも、無人車輛の走行制御装置に使用されているヨー角センサによる方位角の検出精度を低コストで保持する。

【解決手段】 カーブにおける水平面に対するピッチ傾斜角とロール傾斜角が夫々略3度以下である走行路を走行する無人車輛20と、前記走行路の平面視軌跡データと、各カーブに於ける前記ピッチ傾斜角とロール傾斜角とを予め記憶させた記憶装置18と、前記車輛に搭載したヨー角センサ10と、車輛がカーブを通過する際に出力する前記ヨー角センサの出力角度値からヨー角補正值 $\Delta\phi = 0.5 \cdot [(\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega z dt]$ を減算する補正手段14と、該補正手段の出力を受けて前記車輛の駆動部を制御する駆動部制御装置16とを具備するよう構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 カーブにおける水平面に対するピッチ傾斜角とロール傾斜角が夫々略 3 度以下である走行路を走行する車輛と、

前記走行路の平面視軌跡データと、各カーブに於ける前記ピッチ傾斜角とロール傾斜角とを予め記憶させた記憶装置と、

前記車輛に搭載したヨー角センサと、

車輛がカーブを通過する際に出力する前記ヨー角センサの出力角度値から下記のヨー角補正值  $\Delta \psi$

$$\Delta \psi = 0.5 \cdot [(\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega_z dt]$$

$\phi$  : 走行カーブのロール傾斜角

$\theta$  : 走行カーブのピッチ傾斜角

$\omega_z$  : 車輛の旋回角速度

$t$  : カーブにおける走行経過時間

[ : 積分記号

を減算する補正手段と、

該補正手段の出力を受けて前記車輛の駆動部を制御する駆動部制御装置とを具備することを特徴とする無人車輛の走行制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、AGV等の走行すべき経路の定まっている無人車輛の走行制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 予め定まっている走行すべき経路に水平面に対するピッチ傾斜角やロール傾斜角のある場合は、ヨー角センサとしての 1 軸ジャイロでは正確な方位角が得られない。そこで従来はフルストラップダウンの AHR S (姿勢方位基準装置) を使うか、又は傾斜計を 2 個取り付け、1 軸ジャイロの出力から得られる方位角に補正を行っていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 然しながら、上記補正方法では AHR S や傾斜計のコストが高く、低コスト化を望む声があった。

【0004】 依って本発明は、走行すべき経路が予め定まっており、該走行路に水平面に対する傾斜がある場合にも、無人車輛の走行制御装置に使用されているヨー角センサによる方位角の検出精度を低コストで保持することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的に鑑みて本発明は、図 1 に原理図を示すように、カーブにおける水平面に対するピッチ傾斜角とロール傾斜角が夫々略 3 度以下である走行路を走行する車輛 20 と、前記走行路の平面視軌跡データと、各カーブに於ける前記ピッチ傾斜角とロール傾斜角とを予め記憶させた記憶装置 18 と、前記車輛に搭載したヨー角センサ 10 と、車輛がカーブを通

過する際に出力する前記ヨー角センサの出力角度値から下記のヨー角補正值  $\Delta \psi$

$$\Delta \psi = 0.5 \cdot [(\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega_z dt]$$

$\phi$  : 走行カーブのロール傾斜角

$\theta$  : 走行カーブのピッチ傾斜角

$\omega_z$  : 車輛の旋回角速度

$t$  : カーブにおける走行経過時間

[ : 積分記号

を減算する補正手段 14 と、該補正手段の出力を受けて前記車輛の駆動部を制御する駆動部制御装置 16 とを具備することを特徴とする無人車輛の走行制御装置を提供する。この記憶装置 12、補正手段 14、駆動部制御装置 16 は、例えばマイクロコンピュータ 18 によって構成できる。

【0006】 走行路の平面視軌跡データと比較する車輛の方位角を該車輛に搭載したヨー角センサによって検出しても、走行路のカーブに水平面に対する傾斜が存在する場合には、そのカーブのピッチ傾斜角とロール傾斜角の影響によってヨー角センサの出力値は正確な方位角を示さない。このカーブにおけるピッチ傾斜角とロール傾斜角が夫々略 3 度以下である。補正手段によってヨー角センサの出力角度値に上記の式で示すヨー角補正值を減算補正することによって正確な方位角に補正できる。

## 【0007】

【発明の実施の形態】 以下本発明を添付図面に示す実施の形態例に基づいて更に詳細に説明する。図 1 は無人車輛の走行路の平面視を示す。図 2 は矢視線 B-B による断面図、図 3 は矢視線 C-C による側面図である。工場建屋等 K-J を回避しながら、出発点 A から真北方向に直線路 L1、B 点から C 点まで時計方向に 90 度旋回する円弧路 C1、真東方向に直線路 L2、D 点から E 点まで反時計方向に 90 度旋回する円弧路 C2、真北方向に直線路 L3、F 点から G 点まで反時計方向に 45 度旋回する円弧路 C3、北西方向に直線路 L4、H 点から I 点まで時計方向に 45 度旋回する円弧路 C4、真北方向に直線路 L5、J 点から K 点まで時計方向に 90 度旋回する円弧路 C5、そして真東方向に直線路 L6 を走行して終点 L に至る走行路である。

【0008】 走行路には所定位置に丸印で示すランドマーク LM が埋設されており、また各円弧路において、水平面 HL に対するピッチ傾斜角  $\theta$  とロール傾斜角  $\phi$  とは夫々略 3 度以下と小さく形成している。車輛 V の走行制御装置には、この走行路の平面視軌跡データと、上記各円弧路の各傾斜角  $\theta$ 、 $\phi$  を予め記憶させた記憶装置を具備している。また、車輛 V にはヨー角センサである 1 軸ジャイロ J-R が搭載されている。

【0009】 この 1 軸ジャイロ J-R によって該車輛 V の進行方向 (方位角) を検出しつつ前記平面視軌跡データと比較して車輛の走行方向を修正し、正しい方向に走行させる。また、各位置におけるランドマーク LM によ

て1軸ジャイロのドリフト誤差等の検出誤差をリセットし、各ランドマーク間を1軸ジャイロによって走行制御する。

【0010】然しながら、車輛が走行する場合にヨー角を検出できる1軸ジャイロセンサの出力によってヨー角を検出しても、走行路のカーブに傾斜が存在する場合にはそのカーブのピッチ傾斜角 $\theta$ とロール傾斜角 $\phi$ の影響\*

$$\psi' = -\sin\theta \cdot \omega x - \sin\phi \cdot \cos\theta \cdot \omega y + \cos\phi \cdot \cos\theta \cdot \omega z \quad \dots (1)$$

$\omega x$  : 車輛の進行方向x軸周りの角速度(ローリング角速度)

$\omega y$  : x軸に直交する方向のy軸周りの角速度(ピッチング角速度)

$\omega z$  : 車輛の旋回角速度

【0012】各円弧路のピッチ傾斜角 $\theta$ とロール傾斜角 $\phi$ は共に小さいので、通常の走行路では角速度 $\omega x$ と $\omega y$ は0とおけ、式(1)は次式となる。 ※

$$\psi' = (1 - \phi^2/2) \cdot (1 - \theta^2/2) \cdot \omega z \\ = \omega z - 0.5 \cdot (\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega z + 0.25 \cdot \phi^2 \cdot \theta^2 \cdot \omega z$$

ここで第3項は高次の微小項であるため無視すると、次式になる。

$$\psi' = \omega z - 0.5 \cdot (\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega z$$

$$\psi = [\omega z dt - 0.5 \cdot (\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega z dt] \quad \dots (2)$$

$$= [\omega z dt - \Delta\psi] \quad \dots (3)$$

$$\Delta\psi = 0.5 \cdot (\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega z dt \quad \dots (4)$$

ヨー角センサである1軸ジャイロはヨー角として $[\omega z dt]$ を出力するため、式(3)の意味はこの出力値 $[\omega z dt]$ から補正值 $\Delta\psi$ を差し引く補正を行うと方位角 $\psi$ が正確に求まることである。カーブにおいて $\phi$ と $\theta$ が一定であれば、補正值 $\Delta\psi$ は次式となる。

$$\Delta\psi = 0.5 \cdot (\phi^2 + \theta^2) \cdot [\omega z dt]$$

【0014】円弧路C1のピッチ傾斜角 $\theta$ 、ロール傾斜角 $\phi$ 、車輛の旋回角速度 $\omega z$ 、水平面内で計測する車輛の旋回すべき角度、即ち方位角 $\psi$ が夫々以下の如き値

$\phi$  : 1.15度

$\theta$  : 2.86度

$\psi$  : 90度

であり、簡単のため $\omega z$ が一定値の5.31度/秒の場合につき補正值 $\Delta\psi$ を算出する。まず、式(2)によって

$$[\omega z dt = 90.13度]$$

が得られる。次に式(3)又は式(4)によって

$$\Delta\psi = 0.13度$$

が得られる。

【0015】即ち、車輛Vは位置Bから時計周り方向に水平面内において90度旋回して位置Cに到達したいが、この間の方向制御では1軸ジャイロJ Rの検出角度によって車輛の方位が定められるが、方位角 $\psi$ が90度となった際には1軸ジャイロの出力 $[\omega z dt]$ は90.13度である。従って逆にいえば、補正手段がなければ

\*によって1軸ジャイロの出力値は正確な方位角を示さない。そこで方位角 $\psi$ の時間変化率 $\psi'$ が下記の厳密な式(1)で表現されることを利用して、正確な方位角 $\psi$ を得て車輛Vを走行路に正しく沿って走行させる手法を説明する。

【0011】

$$\psi' = \cos\phi \cdot \cos\theta \cdot \omega z$$

ここで三角関数の倍角公式を当てはめると以下のようになる。

$$\psi' = (1 - 2 \cdot \sin^2(\phi/2)) \cdot (1 - 2 \cdot \sin^2(\theta/2)) \cdot \omega z$$

ピッチ傾斜角 $\theta$ とロール傾斜角 $\phi$ は共に小さいため以下の如くなる。

20★【0013】この式を旋回経過時間 $t$ で積分すれば方位角 $\psi$ は下記の式で表現される。便宜上、積分記号として[を用いる。

$$\psi = [\omega z dt - 0.5 \cdot (\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega z dt] \quad \dots (2)$$

$$= [\omega z dt - \Delta\psi] \quad \dots (3)$$

$$\Delta\psi = 0.5 \cdot (\phi^2 + \theta^2) \cdot \omega z dt \quad \dots (4)$$

方位角 $\psi$ が90度となる前に、車輛は1軸ジャイロによって90度旋回したものと判断される。これでは旋回終了目標の位置Cに到達できず、その手前位置C'において次の走行経路である直線路L2の直線走行制御に入り、 $[\omega z dt = 90度]$ 方向の破線方向に走行させる。従って、次のランドマークLMまでの距離によっては、このランドマークLMが検知できない北側に偏位した位置LM'に至ることがある。

【0016】これを防止するために、ジャイロの出力値 $[\omega z dt = 90.13度]$ から補正值 $\Delta\psi = 0.13度$ を減算した値(90度)を出力値とするよう補正を行えば、正確に点Cに到達する。この説明では円弧路C1を旋回終了した状態の補正としているが、1軸ジャイロがヨー角を刻々と検出する毎に、或いは複数回の検出毎にその時の出力値 $[\omega z dt]$ を、それに対応する補正值 $\Delta\psi$ (式(4))によって減算補正して方位角 $\psi$ を求める(式(3))こともできる。

【0017】こうして方位角 $\psi$ を正確に検出できれば、直線路L2に沿った真東方向に走行できる。再び円弧路C2においても上記と同様にジャイロ出力を補正し、直線路L3の真北方向に走行できる。円弧路C3では旋回角度が45度であるが、補正方法は同様であり、補正後直線路L4に沿って走行でき、その後同様に補正しつつ、円弧路C4、直線路L5、円弧路C5、直線路L6と経過して最終目的地Lに至ることができる。

【0018】以上の走行制御を、図5に示すフロー図によって説明する。ステップ30においてスタート点Aから走行を開始し、ステップ32においてランドマークLMの有無を判定する。ランドマークがあれば、ステップ34に進み、そのランドマークがカーブC1の開始の(B点の)ランドマークか否かを判断する。カーブ開始のランドマークであれば、ステップ36にてジャイロのドリフト誤差等の検出誤差をリセットすると共に、記憶装置に予め記憶させているカーブの傾斜角度 $\theta$ 、 $\phi$ を読み込む。

【0019】次に、ステップ38においてカーブC1を巡回走行させ、ステップ40においてジャイロJRの出力値を読み、式(4)に従って補正する。再びステップ32においてランドマークの有無を判定し、ランドマークがあればステップ34においてカーブの開始のランドマークか否かを判定するが、前回のランドマークを開始ランドマークとしたので今回のランドマークは巡回終了を示すランドマークであり、開始ランドマークではないためステップ42に進み、ここにおいてカーブの終了ランドマークと判定され、ステップ44に進む。ステップ44においてジャイロのドリフト誤差等の検出誤差をリセットさせ、ステップ46において直線走行制御に入る。

【0020】前記ステップ42においてランドマークがカーブの終了を示すランドマークでなければ、ステップ52に進み、このランドマークが終点Lのランドマークか否かを判定する。終点でなければ直線走行の途中のランドマークであり、ステップ44に進み、ジャイロのドリフト誤差等の検出誤差をリセットさせる。また、ステップ52において終点のランドマークと判定されれば、

ステップ54において停止させる。  
【0021】ステップ32においてランドマークが無いと判定されれば、ステップ48に移行し、1回前のラン\*

\*ドマークから所定の距離走行したか否かが判定され、その結果、未だ所定距離走行していない場合はステップ46に進み、そのまま直線走行を続行させる。もし、ステップ48において、既に所定の距離を走行していると判定すれば、それでもランドマークが検知されないのであるから、図2に破線(C'とLM'間)で示したように走行の方向がずれており、この場合はステップ50に進んで緊急停止させる。

【0022】以上のフロー図の説明では、カーブはC1につき説明したが、他のカーブでも同様である。

【0023】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明によれば、走行すべき経路が定まっており、該走行路に水平面に対する傾斜がある場合にも、無人車輛の走行制御装置に使用されているヨー角センサによる方位角の検出精度を低コストで保持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明に係る無人車輛の走行制御装置の原理を示す図である。

【図2】図2は本発明に係る無人車輛の走行経路の例を示す平面図である。

【図3】図3は図2の矢視線BB-BBによる断面図である。

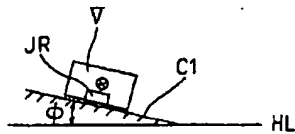
【図4】図4は図2の矢視線CCによる側面図である。

【図5】図5は走行制御を示すフロー図である。

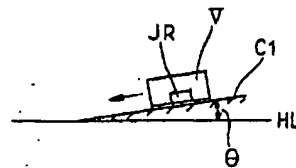
【符号の説明】

C1, . . . , C5	円弧路(カーブ)
V	無人車輛
$\theta$	カーブのピッチ傾斜角
$\phi$	カーブのロール傾斜角
$\psi$	方位角
$\omega z$	車輛の旋回角速度

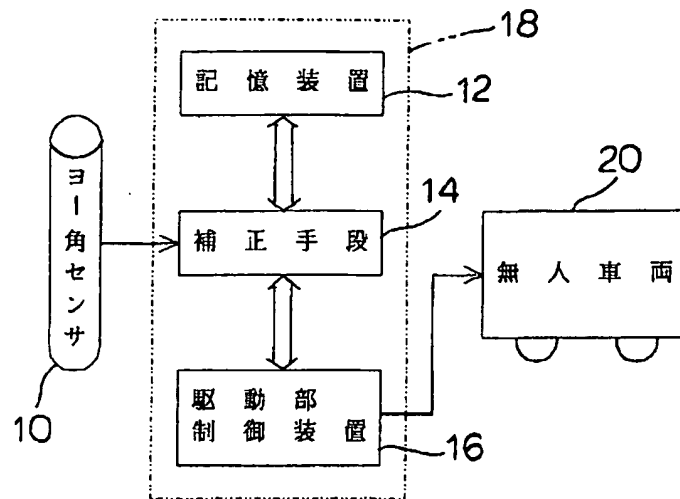
【図3】



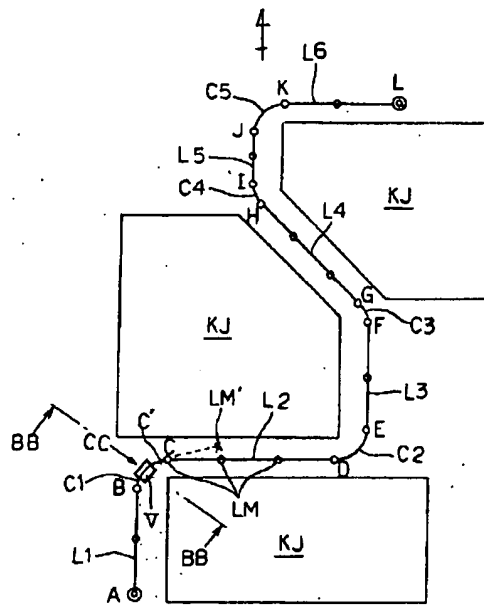
【図4】



【図1】



【図2】



【図5】

